

# Ventilation non invasive dans l'insuffisance respiratoire aiguë

Laurent BROCHARD

Service de réanimation médicale  
Hôpital Henri Mondor  
INSERM Unité 492  
94010 Créteil Cedex  
laurent.brochard@hmn.ap-hop-paris.fr

Les termes « ventilation non invasive » désignent l'ensemble des techniques d'assistance ventilatoire délivrées sans l'utilisation d'un moyen d'accès aux voies aériennes inférieures tel que la sonde d'intubation ou la canule de trachéotomie, chez des patients le plus souvent conscients. Ces techniques de ventilation non invasive utilisent généralement un masque appliqué sur le visage qui est « l'interface » par laquelle la ventilation artificielle peut être administrée au patient. Depuis très longtemps, des techniques de ventilation non invasive ont été tentées dans les détresses respiratoires. Au cours des années 1930, on note que l'application d'une pression positive continue, à la bouche, permet d'améliorer nettement la dyspnée et les symptômes de détresse respiratoire de patients ayant un œdème aigu du poumon asphyxique,<sup>1,2</sup> et à

la fin des années 1950, une technique de ventilation non invasive a été utilisée lors des grandes épidémies de poliomyélite : il s'agit du poumon d'acier, où l'ensemble du corps du patient, sauf la tête, était inséré dans un large cylindre capable de créer des dépressions simulant l'effort respiratoire et déplaçant la cage thoracique de ces patients atteints de paralysie respiratoire. L'avènement de l'intubation et de la ventilation artificielle en pression positive a constitué un énorme progrès qui a fait oublier le principe d'une ventilation non invasive. Des techniques de ventilation au masque ont été appliquées aux patients atteints d'insuffisance respiratoire chronique, à domicile, dans l'espoir d'améliorer leur confort de vie en évitant la trachéotomie. Plus récemment, au début des années 1990, la mise en évidence des complications de l'intubation et de la ventilation artificielle traditionnelle observées en réanimation, a incité à l'utilisation d'une ventilation non invasive dans les situations de détresse respiratoire aiguë, dans l'espoir d'éviter le recours à l'intubation endotrachéale.<sup>3</sup> Cela a été largement favorisé par le développement de nouvelles techniques de ventilation artificielle où le support ventilatoire est synchronisé à l'effort du malade, telle l'aide inspiratoire en pression, et par l'amélioration de la technologie et de la micro-informatique dans les ventilateurs. Cette ventilation non invasive est devenue aujourd'hui un outil majeur pour la prise en charge d'un certain nombre de détresses respiratoires aiguës.<sup>4,5</sup>

**Au cours des insuffisances respiratoires aiguës, la ventilation non invasive permet de délivrer une assistance ventilatoire sans intubation endotrachéale ni trachéotomie, le plus souvent grâce à un masque facial couvrant le nez et la bouche. Si cette technique est pratiquée surtout en réanimation, elle tend à s'étendre aux services d'urgence, de pneumologie et aux structures préhospitalières. Elle a pour but de prévenir la détérioration respiratoire et éviter le recours à l'intubation. Elle est particulièrement efficace au cours des décompensations aiguës de bronchopneumopathie chronique obstructive, et lors des formes asphyxiques d'œdème aigu du poumon, où elle permet de réduire le recours à l'intubation, diminue la durée de séjour, et améliore la survie hospitalière. D'autres formes d'insuffisances respiratoires hypoxémiques sans défaillance associée peuvent aussi bénéficier de cette technique.**

## Urgences respiratoires de l'adulte

### BUT DE LA VENTILATION NON INVASIVE

Le but premier de la ventilation non invasive est d'appliquer un support ventilatoire assez précocement, pour éviter la détérioration ultérieure de l'insuffisance respiratoire, éviter de recourir à l'intubation endotrachéale et diminuer les complications liées à cette technique. Ces complications peuvent être directement liées au geste, comme les difficultés d'intubation responsables d'hypoxémie grave ou les lésions laryngées ou trachéales pouvant se solder ultérieurement par des sténoses voire des fistules trachéo-œsophagiennes. Ce sont aussi des complications liées à la rupture de la barrière anatomique constituée par la glotte, qui, associée au mécanisme de clairance bactérienne de l'épithélium bronchique permet aux voies aériennes inférieures d'être habituellement stériles. Très tôt après une intubation endotrachéale, les voies aériennes inférieures se colonisent et les micro-inhalations de liquide oropharyngé favorisent le développement des pneumopathies dites « nosocomiales », de surinfection. Enfin, indirectement, l'intubation endotrachéale, en nécessitant le recours à une anesthésie plus ou moins profonde, une mise en décubitus et en favorisant un séjour plus ou moins prolongé en réanimation, est associée aux complications non spécifiques de la réanimation. Le but de la ventilation non invasive est donc de réduire ou d'éviter la survenue de ces complications en évitant le recours à l'intubation.

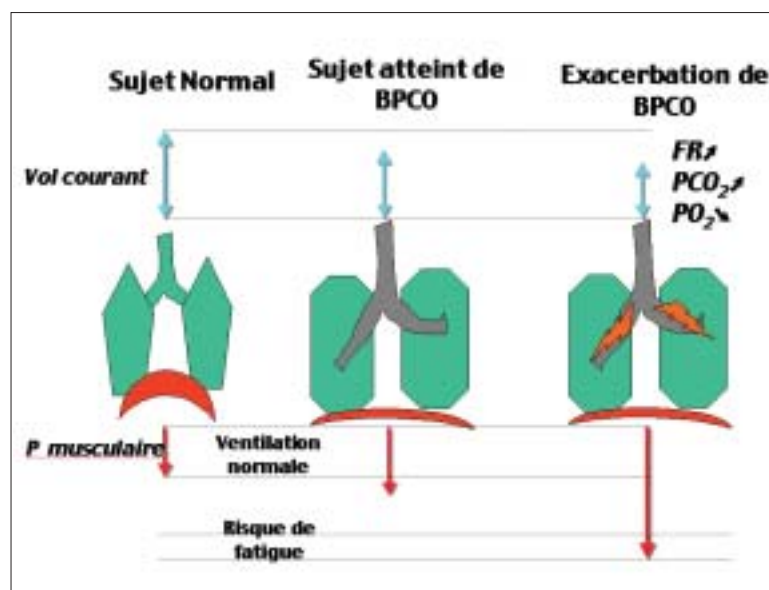
La ventilation non invasive a aussi été proposée dans les situations où l'intubation ne paraissait pas souhaitable : patients ne désirant pas que la réanimation soit poursuivie jusqu'à une telle technique, ou lorsque l'état physiologique du patient et (ou) la maladie sous-jacente paraissent pour l'entourage, les médecins et (ou) le patient ne pas justifier le recours à une technique considérée comme trop lourde ou invasive.

### MÉCANISME D'ACTION DE LA VENTILATION NON INVASIVE

La physiopathologie de la décompensation de l'insuffisance respiratoire aiguë sur bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) illustre par-

faitement le rôle que peut avoir la ventilation non invasive (fig. 1). Lors de telles décompensations, il existe une augmentation considérable des pressions générées par les muscles si on la compare à un sujet normal.<sup>3</sup> Le travail des muscles respiratoires de ces patients est donc très élevé alors que, paradoxalement, la ventilation produite n'a qu'une très faible efficacité. En effet, le volume d'air déplacé à chaque effort respiratoire (ou volume courant) est considérablement réduit par rapport à la normale, et ne permet pas d'assurer des échanges gazeux satisfaisants, en particulier l'élimination de gaz carbonique ( $\text{CO}_2$ ). La « compensation » réflexe de ces patients est une augmentation de la fréquence respiratoire, qui n'a que peu d'effet, car une fraction importante de ce petit volume courant ne sert qu'à balayer les voies aériennes qui ne participent pas aux échanges gazeux alvéolaires (l'espace mort). Cette inefficacité ventilatoire se traduit par une élévation progressive

de la pression partielle en  $\text{CO}_2$  du sang artériel ( $\text{PaCO}_2$ ), elle-même expliquant en grande partie l'hypoxémie observée. Les centres respiratoires sont alors de plus en plus stimulés par ces anomalies, mais à un stade ultérieur de la décompensation, les conséquences générales de l'hypercapnie et de l'hypoxémie s'observent, en particulier au niveau neurologique (confusion et troubles de la conscience). À ce stade tardif, la prise en charge par intubation endotrachéale et ventilation artificielle est souvent indispensable pour éviter l'arrêt respiratoire. La transformation médiocre de l'intense activité musculaire du patient en un faible volume courant est expliquée par une mécanique respiratoire particulièrement altérée. Les résistances bronchiques sont très augmentées, phénomène souvent aggravé par une surinfection, et l'hyperinflation ou distension thoracique de ces patients gêne considérablement le fonctionnement de la ventilation. Le but de l'assistance



**1** Représentation schématique de la relation entre l'effort des muscles respiratoires ( $P$  musculaire) et le volume courant produit à la bouche chez un sujet normal, un sujet atteint de bronchopneumopathie chronique obstructive (BPCO) et le même patient lors d'une exacerbation avec inflammation bronchique. L'altération de la mécanique respiratoire, caractérisée par l'augmentation des résistances à l'écoulement dans les voies aériennes et par la distension, est responsable d'une baisse du volume courant malgré l'augmentation de  $P$  musculaire qui se situe dans une zone à risque de fatigue musculaire. La ventilation non invasive doit intervenir pour augmenter ce volume courant avant la survenue d'un épuisement. *FR : fréquence respiratoire ; Vol : volume.*

## VENTILATION NON INVASIVE

ventilatoire externe est donc de délivrer un support ventilatoire, synchronisé à l'effort du patient, qui va permettre d'augmenter le volume courant. Si la synchronisation est harmonieuse, le patient diminue son effort respiratoire alors que l'augmentation de volume courant corrige progressivement les anomalies des échanges gazeux. La ventilation artificielle non invasive permet en général d'augmenter le volume courant du patient, de diminuer son effort respiratoire, et de corriger en partie l'acidose respiratoire. Un signe rapide d'amélioration est la baisse de la fréquence respiratoire spontanée du patient. Il apparaît donc logique de tenter de proposer cette technique assez tôt dans l'histoire de la décompensation. En effet, plus l'introduction de cette ventilation est tardive, plus est élevé le risque qu'un épuisement respiratoire se soit déjà installé, ce qui s'associerait alors à une inefficacité de la ventilation non invasive.

#### INDICATIONS DE LA VENTILATION NON INVASIVE (TABLEAU I)

##### Insuffisance respiratoire aiguë hypercapnique

Les décompensations respiratoires associées à une hypercapnie aiguë avec acidose respiratoire sont en principe une

bonne indication de la ventilation non invasive (*v. supra*). En effet, la technique est susceptible de corriger les anomalies physiopathologiques, et ces décompensations sont en général progressives et laissent le temps d'appliquer ce type de technique préventivement.

##### Décompensations de BPCO

Il s'agit de la situation où l'efficacité et l'intérêt de la ventilation non invasive ont été les mieux étudiés et démontrés.<sup>6,7</sup> C'est le cas des décompensations aiguës simples, en l'absence de cause retrouvée ou lorsqu'une bronchite simple semble à l'origine de la décompensation, mais aussi lorsqu'une pneumopathie infectieuse est à l'origine de la détresse respiratoire.<sup>8</sup> La ventilation non invasive est d'autant plus indiquée qu'il s'agit d'un tableau où le risque d'intubation est élevé, mais elle ne doit pas être administrée à un stade trop tardif. Le pH artériel de ces patients est reconnu comme un bon indicateur de cette gravité : un pH inférieur à 7,35 (et PaCO<sub>2</sub> supérieure à 45 mmHg) peut faire porter l'indication de cette technique.

##### Œdème aigu du poumon cardiogénique

L'œdème aigu du poumon, en particulier dans ses formes asphyxiques et hypercapniques, est une bonne indi-

cation de la ventilation non invasive, en utilisant soit une technique très simple de ventilation en pression positive continue, soit une ventilation à 2 niveaux de pression.<sup>9,10</sup> Cette ventilation soulage d'une part l'effort ventilatoire important effectué par ces malades, et a d'autre part un effet bénéfique sur la fonction cardiaque.<sup>11</sup> En effet, une augmentation modérée de la pression intrathoracique facilite le fonctionnement du ventricule gauche, en réduisant sa post-charge à l'éjection. Cette technique permet en général, sur quelques heures, d'attendre l'effet du traitement médicamenteux et d'éviter une intubation en catastrophe.

##### Insuffisance respiratoire hypoxémique

Sous ce terme sont regroupées des affections assez variées, incluant les pneumopathies infectieuses aiguës, les œdèmes pulmonaires de type « lésionnel », les atelectasies, les défaillances respiratoires postopératoires, etc. Les mécanismes physiopathologiques à l'origine de ces décompensations ainsi que les comorbidités sont plus complexes ou plus variés que dans les insuffisances respiratoires hypercapniques, ce qui explique sans doute que les résultats soient beaucoup plus variables dans ce groupe peu homogène. Une stricte sélection des patients est indispensable,

TABLEAU I

#### Indications de la ventilation non invasive lors des insuffisances respiratoires aiguës (IRA)

| Type d'IRA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | Notes                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>IRA hypercapniques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Décompensation de bronchopneumopathie chronique obstructive</li> <li>– Autres insuffisances respiratoires chroniques</li> <li>– Œdèmes aigus pulmonaires asphyxiques</li> <li>– Décompensation respiratoire après chirurgie pulmonaire (résection, transplantation)</li> <li>– Asthme aigu grave</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Indication évaluée et recommandée</li> <li>– Logique mais peu évalué</li> <li>– Recommandé mais ne remplace pas le traitement médical</li> <li>– Permet d'éviter le risque élevé lié à la réintubation</li> <li>– Recommandé avec prudence, indications limitées</li> </ul> |
| <b>IRA hypoxémiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Défaillance respiratoire isolée grave</li> <li>– IRA par infection à <i>Pneumocystis carinii</i></li> <li>– IRA des patients immunodéprimés (cancéro-hématologie)</li> </ul>                                                                                                                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Strict respect des contre-indications et surveillance stricte</li> <li>– Semble intéressant</li> <li>– Bien évalué, mais surveillance stricte indispensable et délivrance précoce</li> </ul>                                                                                |
| <b>Autres</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Refus de l'intubation</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <ul style="list-style-type: none"> <li>– Peut permettre d'améliorer le confort</li> </ul>                                                                                                                                                                                                                            |

## Urgences respiratoires de l'adulte

**TABLEAU II**

### Contre-indications de la ventilation non invasive

- ✓ Nécessité d'intubation immédiate
- ✓ Défaillance multiviscérale
- ✓ État de choc
- ✓ Troubles de la conscience
- ✓ Troubles de la déglutition
- ✓ Nécessité d'une intervention chirurgicale

#### □ Contre-indications relatives

- ✓ Déformation faciale: (mais masque à adapter)
- ✓ Encéphalopathie hypercapnique (peut être réalisée sous surveillance stricte)
- ✓ Distension abdominale majeure
- ✓ Intolérance de la technique (dépend du matériel et de la prise en charge psychologique par l'équipe)
- ✓ Secrétions très abondantes (une fibroscopie bronchique peut être réalisée sous ventilation non invasive)

la ventilation non invasive ne s'adressant qu'à des défaillances respiratoires isolées. L'association d'une maladie pulmonaire à une défaillance hémodynamique ou une défaillance neurologique contre-indique généralement l'utilisation de la ventilation non invasive. La nécessité d'un acte chirurgical, de facteurs de gravité importants ou la présence d'une détresse respiratoire majeure nécessitant le recours à une intubation immédiate sont également des contre-indications à la ventilation non invasive. Les principales contre-indications de cette technique sont résumées dans le tableau II.

Chez des patients sélectionnés, la ventilation non invasive peut cependant apporter des bénéfices en évitant l'intubation et en réduisant les complications, en particulier infectieuses.<sup>12, 13</sup> La ventilation non invasive peut cependant être difficile à administrer et s'associer à certains risques, décrits plus loin. La question sous-jacente à se poser dans ce contexte est celle du rapport du risque (en particulier de l'intubation et de la ventilation artificielle) au bénéfice. Des succès intéressants de la ventilation non invasive ont en effet été rapportés dans des groupes de patients chez qui l'intubation et la ventilation artificielle traditionnelle s'avèrent à très haut risque de complication. Il s'agit tout particulièrement des patients immunodéprimés tels les patients atteints de maladies hématologiques malignes ou de cancers solides sous chimiothérapie,<sup>14</sup> ou les patients développant une détresse respiratoire après chirurgie pulmonaire.<sup>15</sup>

### BÉNÉFICES ET RISQUES DE LA VENTILATION NON INVASIVE

Lors des décompensations de BPCO, l'utilisation de la ventilation non invasive réduit la fréquence des intubations endotrachéales de 70 - 80 % à 10 - 20 % d'intubations,<sup>6</sup> avec une diminution des complications, en particulier infectieuses, de la ventilation artificielle.<sup>13</sup> On note aussi une diminution des complications de réanimation, et une réduction importante de la durée de séjour hospitalière. Cet effet s'associe enfin à une diminution de la mortalité hospitalière qui dans certaines séries passe de près de 30 % à moins de 10 %.<sup>16</sup> Sur des patients sélectionnés, sans contre-indication pour la ventilation non invasive, et dans des centres expérimentés, ces techniques apportent un bénéfice considérable. La *British Thoracic Society* recommande que tout centre admettant de tels patients puisse délivrer 24 h/24 la ventilation non invasive.<sup>17</sup> Des chiffres très favorables sur la réduction des intubations ont aussi été rapportés dans les œdèmes aigus pulmonaires asphyxiques, en particulier hypercapniques<sup>9, 10</sup> et chez les sujets âgés.<sup>18</sup> Dans le cadre des détresses respiratoires hypoxémiques, les résultats les plus spectaculaires ont été retrouvés chez les patients immunodéprimés chez qui l'intubation a pu être évitée.<sup>12, 14</sup> De plus, une fibroscopie bronchique à titre diagnostique ou thérapeutique peut être réalisée sous ventilation non invasive.<sup>19</sup> La ventilation non invasive peut, chez certains patients, être difficile à admi-

nistrer.<sup>20</sup> En effet, la tolérance d'un masque sur le visage n'est pas toujours bonne ni facile à faire admettre par le patient. L'administration correcte de la ventilation nécessite une attention particulière de la part des équipes médicales et paramédicales,<sup>20</sup> ce qui peut imposer une charge de travail supplémentaire pour le personnel infirmier. Il existe enfin des complications spécifiques : escarres au niveau du nez, irritation oculaire, voire plus rarement insufflation gastrique.

Le risque le plus grand de la ventilation non invasive est cependant de masquer le besoin et de retarder une indication indispensable d'intubation endotrachéale, en particulier chez les patients très hypoxémiques chez qui cette technique doit donc être maniée avec précaution.<sup>21</sup>

### EN PRATIQUE

L'interface utilisée pour la ventilation non invasive en situation aiguë est le plus souvent un masque facial qui recouvre à la fois le nez et la bouche (fig. 2). En effet, beaucoup de patients respirent par la bouche, et une ventilation purement nasale est associée à des fuites buccales très importantes. Cependant, le masque nasal, qui est très utilisé au domicile, présente un certain nombre d'avantages ; il est en particulier plus confortable.<sup>22</sup> Il est donc possible, dans certains cas,



**2** Patient lors d'une poussée de broncho-pneumopathie chronique obstructive traité par ventilation non invasive. Le masque facial recouvre le nez et la bouche et il est connecté aux tuyaux du ventilateur.

## VENTILATION NON INVASIVE

d'essayer le masque nasal en seconde intention quand la ventilation doit être poursuivie.

La technique ventilatoire la plus simple s'appelle la ventilation en pression positive continue ou CPAP des Anglo-Américains (pour *continuous positive airway pressure*). Elle est essentiellement réservée à l'œdème aigu pulmonaire cardiogénique. Le type de ventilation le plus fréquemment utilisé est une ventilation à 2 niveaux de pression. Lors de l'inspiration spontanée du patient, une pression positive inspiratoire élevée, ou aide inspiratoire (jusqu'à 15 ou 20 cmH<sub>2</sub>O), permet d'assister le patient dans son effort, et cette pression redescend à un niveau plus bas lors de l'expiration (pression expiratoire positive, de l'ordre de 5 cm H<sub>2</sub>O). Ce type de ventilation peut être délivré aussi bien par des appareils spécifiques pour la ventilation non invasive que par des ventilateurs de réanimation. Cette ventilation est administrée principalement dans les secteurs de réanimation. Cependant, à condition d'avoir un matériel adapté, et suffisamment simple, et surtout un personnel formé, il est possible d'utiliser cette technique dans d'autres secteurs : il peut s'agir des services d'urgence, d'une prise en charge préhospitalière en camion de SMUR (service médical d'urgence et de réanimation), voire en salle de service de pneumologie.<sup>7</sup> Le succès de la technique dépend des points évoqués plus haut et de la sélection des patients.

## SUMMARY

## Non-invasive ventilation for acute respiratory failure

Laurent Brochard

Non-invasive ventilation provides ventilatory support to patients admitted for acute respiratory failure, without the need for endotracheal intubation or tracheostomy. Most of the times, a full face mask covering both the nose and the mouth is used. This technique is mainly delivered in intensive care departments, but tends to spread to emergency departments, respiratory wards or pre-hospital settings. Its aim is to prevent patient's worsening and need for endotracheal intubation. It is particularly successful for patients suffering from acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and in asphyxial forms of cardiogenic pulmonary oedema. In these indications, non-invasive ventilation reduces the need for intubation, improves hospital length of stay and outcome. Other forms of acute hypoxemic respiratory failure with isolated lung failure can also benefit from this technique.

Rev Prat 2003 ; 53 : 980-4

## RÉFÉRENCES

1. Poulton EP, Oxon DM. Left-sided heart failure with pulmonary edema. *Lancet* 1936 ; 2 : 981-3.
2. Barach AI, Martini J, Eckman M. Positive pressure respiration and its application to the treatment of acute pulmonary edema. *Ann Intern Med* 1935 ; 12 : 754-95.
3. Brochard L, Isabey D, Piquet J *et al*. Reversal of acute exacerbations of chronic obstructive lung disease by inspiratory assistance with a face mask. *N Engl J Med* 1990 ; 323 : 1523-30.
4. Evans TW. International Consensus Conference in Intensive Care Medicine: Non-invasive positive pressure ventilation in acute respiratory failure. *Intensive Care Med* 2001 ; 27 : 166-78.
5. Mehta S, Hill NS. Noninvasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 163 : 540-77.
6. Brochard L, Mancebo J, Wysocki M *et al*. Noninvasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease. *N Engl J Med* 1995 ; 333 : 817-22.
7. Plant PK, Owen JL, Elliott MW. Early use of non-invasive ventilation for acute exacerbations of chronic obstructive pulmonary disease on general respiratory wards: a multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2000 ; 355 : 1931-5.
8. Confalonieri M, Potena A, Carbone G, Della Porta R, Tolley EA, Meduri GU. Acute respiratory failure in patients with severe community-acquired pneumonia. A prospective randomised evaluation of non-invasive ventilation. *Am J Respir Crit Care Med* 1999 ; 160 : 1585-91.
9. Bersten AD, Holt AW, Vedig AE, Skowronski GA, Baggely CJ. Treatment of severe cardiogenic pulmonary edema with continuous positive airway pressure delivered by face mask. *N Engl J Med* 1991 ; 325 : 1825-30.
10. Masip J, Betbese AJ, Paez J *et al*. Non-invasive pressure support ventilation versus conventional oxygen therapy in acute cardiogenic pulmonary oedema: a randomised trial. *Lancet* 2000 ; 356 : 2126-32.
11. Lenique F, Habis M, Lofaso F, Dubois-Randé JL, Harf A, Brochard L. Ventilatory and hemodynamic effects of continuous positive airway pressure in left heart failure. *Am J Respir Crit Care Med* 1997 ; 155 : 500-5.
12. Antonelli M, Conti G, Bui M *et al*. Non-invasive ventilation for treatment of acute respiratory failure in patients undergoing solid organ transplantation. A randomized trial. *JAMA* 2000 ; 283 : 235-41.
13. Girou E, Schortgen F, Delclaux C *et al*. Association of noninvasive ventilation with nosocomial infections and survival in critically ill patients. *JAMA* 2000 ; 284 : 2361-7.
14. Hilbert G, Gruson D, Vargas F *et al*. Noninvasive ventilation in immunosuppressed patients with pulmonary infiltrates, fever, and acute respiratory failure. *N Engl J Med* 2001 ; 344 : 481-7.
15. Auriant I, Jallot A, Herve P *et al*. Noninvasive ventilation reduces mortality in acute respiratory failure following lung resection. *Am J Respir Crit Care Med* 2001 ; 164 : 1231-5.
16. Brochard L. Ventilation non invasive au cours des décompensations aiguës d'insuffisance respiratoire chronique. *Rean Urg* 1995 ; 4 (1 bis) : 117-22.
17. British Thoracic Society Standards of Care Committee. Non-invasive ventilation in acute respiratory failure. *Thorax* 2002 ; 57 : 192-211.
18. L'Her E, Duquesne F, Paris A *et al*. Ventilation spontanée en pression expiratoire positive au cours de l'œdème pulmonaire cardiogénique de la personne âgée, dans un service d'accueil et d'urgence. *Presse Med* 1998 ; 27 : 1089-94.
19. Maitre B, Jaber S, Maggiore S *et al*. Continuous positive airway pressure during fiberoptic bronchoscopy in hypoxemic patients. A randomized double-blind study using a new device. *Am J Respir Crit Care Med* 2000 ; 162 : 1063-7.
20. Nava S, Evangelisti I, Rampulla C, Compagnoni ML, Fracchia C, Rubini F. Human and financial costs of noninvasive mechanical ventilation in patients affected by COPD and acute respiratory failure. *Chest* 1997 ; 111 : 1631-8.
21. Delclaux C, L'Her E, Alberti C *et al*. Treatment of acute hypoxemic nonhypercapnic respiratory insufficiency with continuous positive airway pressure delivered by a face mask. A randomized controlled trial. *JAMA* 2000 ; 284 : 2352-60.
22. Navalesi P, Fanfulla F, Frigerio P, Gregoratti C, Nava S. Physiologic evaluation of noninvasive mechanical ventilation delivered with three types of mask in patients with chronic hypercapnic respiratory failure. *Crit Care Med* 2000 ; 28 : 1785-90.